

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11064652 A**

(43) Date of publication of application: **05.03.99**

(51) Int. Cl

G02B 6/12
G02B 6/13

(21) Application number: **09228216**

(22) Date of filing: **25.08.97**

(71) Applicant: **HITACHI CABLE LTD**

(72) Inventor: **IMOTO KATSUYUKI**
HORI AKIHIRO

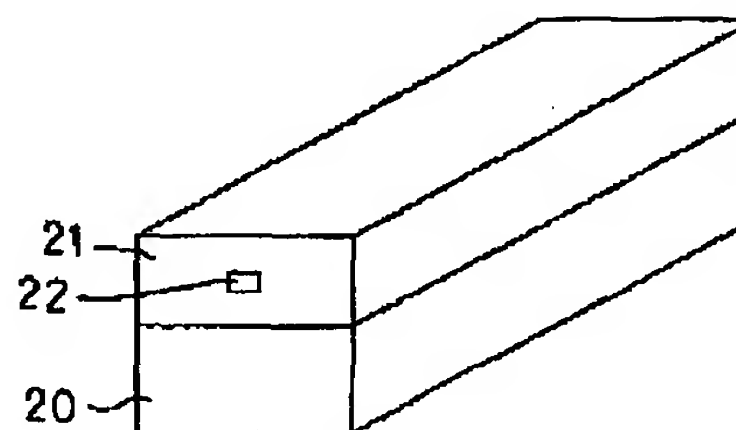
(54) **WAVEGUIDE TO THE CORE OF WHICH
FLUORINE IS ADDED AND ITS PRODUCTION**

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a waveguide which is formed by adding fluorine to a core having a waveguide of a high specific refractive index difference Δ , is substantially free of absorption peaks from a wavelength 1.3 μm band to a wavelength 1.6 μm band, is extremely low in loss and facilitate refractive index control and a process for producing the same.

SOLUTION: When the fluorine is added into the core of an oxide co-added with at least one kind of additives to enhance the refractive index, the hydrogen of the OH group, Si-H group or N-H group and fluorine existing in the clad layer 21 and the core 22 react to form gaseous HF which may be released outside the core 22. Consequently, the core 22 substantially free of the OH group, Si-H group or N-H group may be embodied. As a result, the waveguide which is extremely low in loss is obtd. As the amt. of the fluorine to be added into the core 22 is larger, the effect is higher. If the fluorine is added into the intermediate layer and the clad layer 21 as well, the waveguide having the lower loss is obtd.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-64652

(43)公開日 平成11年(1999) 3月5日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

G 0 2 B 6/12

N

6/13

M

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平9-228216

(22)出願日 平成9年(1997) 8月25日

(71)出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72)発明者 井本 克之

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(72)発明者 堀 彰弘

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

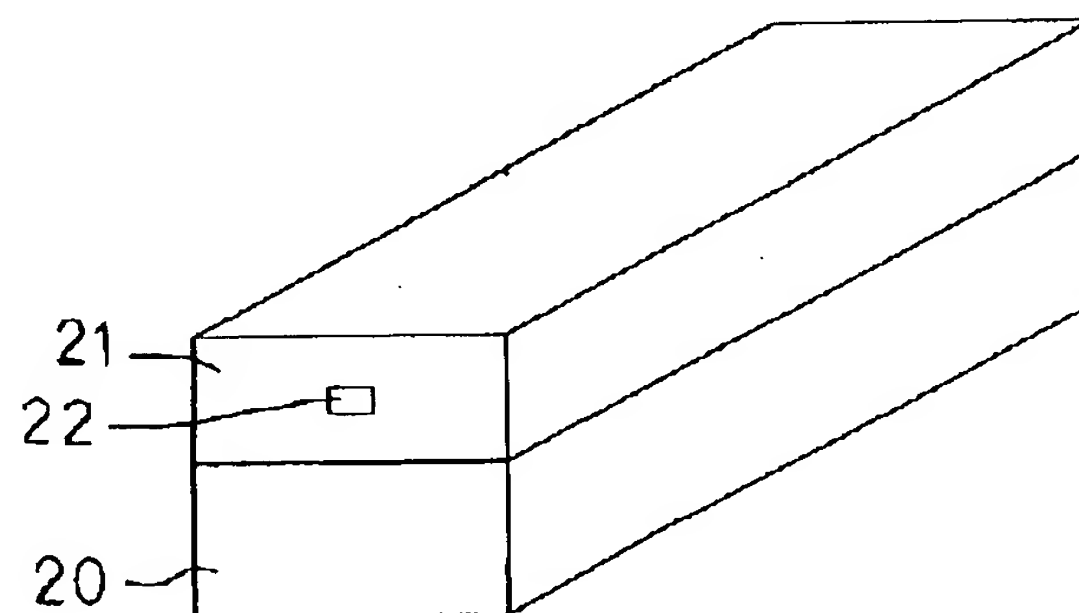
(74)代理人 弁理士 絹谷 信雄

(54)【発明の名称】 コアにフッ素を添加した導波路及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 波長1.3 μ m帯から波長1.6 μ m帯にわたって吸収ピークがほとんどなく、超低損失で、屈折率制御が容易で、かつ、高比屈折率差 Δ の導波路を有するコアにフッ素を添加した導波路及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 屈折率を高める添加物を少なくとも一種類共添加した酸化物のコア内にフッ素を共添加すると、クラッド層21及びコア22中に存在するOH基、Si-H基或いはN-H基の水素とフッ素とが反応してHFガスとなり、コア22外へ放出させることができる。その結果、OH基、Si-H基或いはN-H基のほとんどないコア22を実現することができる。これにより、超低損失導波路を得ることができる。コア22内へのフッ素の添加量が多い程効果が大きい。また、中間層やクラッド層21にもフッ素が添加されていると、さらに低損失な導波路を得ることができる。



20 基板

21 クラッド層 (SiO₂ クラッド層)

22 コア (フッ素添加 SiON コア)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された低屈折率の中間層或いはクラッド層の中に略矩形断面形状の高屈折率のコアが埋め込まれた導波路において、該コアにフッ素と屈折率を高める添加物を少なくとも 1 種類共添加した酸化物とを用いたことを特徴とするコアにフッ素を添加した導波路。

【請求項 2】 上記コア用の酸化物のベース材料として SiO_2 或いは SiON を用いた請求項 1 に記載のコアにフッ素を添加した導波路。

【請求項 3】 中間層或いはクラッド層として SiO_2 、フッ素を添加した SiO_2 或いはこれらに屈折率制御用添加物を少なくとも 1 種類添加したものをを用いた請求項 1 又は 2 に記載のコアにフッ素を添加した導波路。

【請求項 4】 コア内に共添加する高屈折率の添加物として、 GeO_2 、 P_2O_5 或いは TiO_2 等の酸化物を用いた請求項 1 から 3 のいずれかに記載のコアにフッ素を添加した導波路。

【請求項 5】 基板上に低屈折率の中間層或いはクラッド層を形成し、中間層或いはクラッド層の中に略矩形断面形状の高屈折率のコアを埋め込む導波路の製造方法において、上記コアにフッ素と屈折率を高める添加物を少なくとも 1 種類共添加した酸化物を用いると共に導波路を 500°C から 1350°C の温度範囲で熱処理することを特徴とするコアにフッ素を添加した導波路の製造方法。

【請求項 6】 上記中間層或いはクラッド層及びコアを減圧プラズマ CVD 法によって形成する請求項 5 に記載のコアにフッ素を添加した導波路の製造方法。

【請求項 7】 上記クラッド層を火炎堆積法によって形成する請求項 5 又は 6 に記載のコアにフッ素を添加した導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、コアにフッ素を添加した導波路及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 光デバイスの低コスト化、小型化をめざしてコアとクラッド層との比屈折率差 Δ の大きい高 Δ 型のガラス導波路の研究開発が活発になっている。

【0003】 図 10 は本発明者らが先に提案した高 Δ 導波路の概観斜視図である。

【0004】 同図に示す導波路は、基板 1 上に低屈折率の下部クラッド層 (SiO_2) 2 を形成し、その下部クラッド層 2 上に略矩形断面形状の高屈折率コア層 (SiONH) 3 を形成し、下部クラッド層 2 及びコア層 3 を上部クラッド層 (SiO_2) 4 で覆った構造を有している。

【0005】 図 10 に示した高 Δ 導波路は、コア層 3 に

SiONH を用いているので、図 11 に示すように窒素 N の含有量を制御することによって屈折率を非常に高くすることができるという利点がある。図 11 は $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{H}_z$ 膜中の窒素含有量と屈折率との関係を示す図であり、横軸が窒素含有量を示し、左縦軸が屈折率を示している。

【0006】 因みに、 SiO_2 に TiO_2 、 Al_2O_3 、 GeO_2 或いは P_2O_5 等の屈折率制御用ドーパントを添加した場合には、図 12 に示すように屈折率を高くすることができない。図 12 は添加物濃度と屈折率との関係を示す図であり、横軸が添加物濃度を示し、縦軸が屈折率を示す。

【0007】 次に図 10 に示した高 Δ 導波路の SiONH コア 3、下部 Si クラッド層 2 及び上部 SiO_2 クラッド層 4 は、図 13 に示すプラズマ CVD 装置を用いて形成される。図 13 は従来の導波路を製造するのに用いられるプラズマ CVD 装置の概念図である。

【0008】 真空排気装置 5 によって真空排気される反応容器 6 内に上部電極 7 と下部電極 8 とを対向配置させて両電極 7、8 間に高周波電源 9 により高周波電圧を印加する。下部電極 8 上に基板 1 を配置し、下部電極 8 に設けられたヒータ 11 に直流電源 12 から電圧を印加して 150°C から 450°C の範囲で加熱しておく。

【0009】 ついで両電極 7、8 間に Ar ガス (矢印 13 方向) を流して両電極 7、8 間にプラズマ 14 を発生させる。このような状態でガラス原料ガスを矢印 15-1 方向から矢印 15-2 方向にプラズマ 14 中に流す。また矢印 13 方向からも N_2 ガスをプラズマ 14 中に流す。基板 1 上に下部 SiO_2 クラッド 2 (図 10 参照) を形成するために矢印 15-1 方向から SiH_4 ガス及び O_2 ガスを流す。

【0010】 基板 1 上に下部 SiO_2 クラッド 2 を形成した後に SiONH コア 3 を形成するために矢印 15-1 方向から SiH_4 ガス、 NH_3 ガス及び O_2 ガスを流す。

【0011】 SiONH コア 3 をフォトリソグラフィ及びドライエッチングプロセスにより、略矩形断面形状にパターニングする。その後、パターニングした SiONH コア 3 の表面を上部 SiO_2 クラッド層 4 で覆うために下部 SiO_2 クラッド層 2 と同様に、矢印 15-1 方向より SiH_4 及び O_2 ガスを流す。

【0012】 次に図 10 に示した高 Δ 導波路の損失波長特性について述べる。

【0013】 図 14 (a)、(b) は、図 10 に示した高 Δ 導波路の波長と損失との関係を示す図であり、横軸が波長、縦軸が損失を示す。

【0014】 図 14 (a) は、コア 3 とクラッド層 2、4 との比屈折率差 Δ が約 2%、コア 3 のサイズが幅 $5\mu\text{m}$ 、厚さ $2.5\mu\text{m}$ の導波路の損失波長特性の測定結果である。この損失は、高 Δ 導波路の伝搬損失 (吸収損失

及び散乱損失)、高 Δ 導波路とシングルモードファイバとの接続損失(導波路の入力側と出力側の2か所分)を含んでいる。波長 $0.6\mu\text{m}$ から波長 $1.35\mu\text{m}$ にわたって非常に低損失であった。

【0015】しかし、波長 $1.39\mu\text{m}$ にOH基による吸収損失と波長 $1.5\mu\text{m}$ 付近にSi-H基(或いはN-H基)による吸収損失があった。

【0016】そこで、この高 Δ 導波路を 1000°C で熱処理した結果、図14(b)に示すように、波長 $1.39\mu\text{m}$ 付近のOH基による吸収損失はほとんどなくなった。

【0017】ただし、波長 $1.5\mu\text{m}$ 付近の吸収損失は低減させることができなかった。これは、この高 Δ 導波路のコア3にはSiH₄とO₂とNH₃とN₂との反応によるN成分及びH成分が含まれ、SiONHになっているために生じる吸収損失であると考えられる。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の高 Δ 導波路には、前述したように、いくつかの問題がある。

【0019】(1) SiONHコアには波長 $1.39\mu\text{m}$ に吸収ピークを有するOH基による吸収損失と、波長 $1.5\mu\text{m}$ に吸収ピークを有するSi-H基(或いはN-H基)による吸収損失が含まれている。そのため、波長 $1.3\mu\text{m}$ から波長 $1.6\mu\text{m}$ の範囲の通信用波長帯での損失が大きい。波長 $1.39\mu\text{m}$ における吸収損失は高 Δ 導波路を 1000°C 程度の温度で熱処理することにより、低減させることができるが、波長 $1.5\mu\text{m}$ 付近の吸収損失は 1300°C 以上の高温熱処理を行わないと低減させることができない。しかし、 1300°C 以上の高温熱処理を行うと、高 Δ 導波路が軟化して反りが生じたり、導波路端面が変形したりしてしまう。

【0020】(2) 下部SiO₂クラッド層及び上部SiO₂クラッド層内にもOH基が含まれており、これによる吸収損失が生じる。

【0021】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯から波長 $1.6\mu\text{m}$ 帯にわたって吸収ピークがほとんどなく、超低損失で、屈折率制御が容易で、かつ、高比屈折率差 Δ の導波路を有するコアにフッ素を添加した導波路及びその製造方法を提供することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明のコアにフッ素を添加した導波路は、基板上に形成された低屈折率の中間層或いはクラッド層の中に略矩形断面形状の高屈折率のコアが埋め込まれた導波路において、コアにフッ素と屈折率を高める添加物を少なくとも1種類共添加した酸化物とを用いたものである。

【0023】上記構成に加え本発明のコアにフッ素を添加した導波路は、コア用の酸化物のベース材料としてS

iO₂ 或いはSiONを用いるのが好ましい。

【0024】上記構成に加え本発明のコアにフッ素を添加した導波路は、中間層或いはクラッド層としてSiO₂、フッ素を添加したSiO₂ 或いはこれらに屈折率制御用添加物を少なくとも1種類添加したものをを用いるのが好ましい。

【0025】上記構成に加え本発明のコアにフッ素を添加した導波路は、コア内に共添加する高屈折率の添加物として、GeO₂、P₂O₅ 或いはTiO₂等の酸化物を用いるのが好ましい。

【0026】また、本発明のコアにフッ素を添加した導波路の製造方法は、基板上に低屈折率の中間層或いはクラッド層を形成し、中間層或いはクラッド層の中に略矩形断面形状の高屈折率のコアを埋め込む導波路の製造方法において、コアにフッ素と屈折率を高める添加物を少なくとも1種類共添加した酸化物を用いると共に導波路を 500°C から 1350°C の温度範囲で熱処理するものである。

【0027】上記構成に加え本発明のコアにフッ素を添加した導波路の製造方法は、中間層或いはクラッド層及びコアを減圧プラズマCVD法によって形成するのが好ましい。

【0028】上記構成に加え本発明のコアにフッ素を添加した導波路の製造方法は、クラッド層を火炎堆積法によって形成するのが好ましい。

【0029】(1) ここで、従来のように減圧プラズマCVD法によってクラッド及びコア層を形成すると、クラッド及びコア層中にOH基、Si-H基或いはN-H基が混入し、これらによる吸収損失が生じた。

【0030】そこで本発明によれば、屈折率を高める添加物を少なくとも1種類共添加した酸化物のコア内にフッ素を共添加すると、このフッ素がクラッド及びコア層中に存在するOH基、Si-H基或いはN-H基の水素と反応してHFガスとなり、コア外へ放出させることができる。その結果、OH基、Si-H基或いはN-H基等の基がほとんどないコア層を実現することができる。これにより、超低損失導波路を得ることができる。尚、コア内へのフッ素の添加量が多い程低損失効果が大い。また、中間層やクラッド層にもフッ素を添加することにより、さらに低損失な導波路を得ることができる。

【0031】(2) フッ素の添加された導波路を 500°C から 1350°C の温度範囲で熱処理することにより、導波路中に存在するOH基、Si-H基、N-H基とフッ素との反応がより促進されてHFガスとなって導波路外へ効率的に放出されるため、低損失化が容易となる。

【0032】(3) コアにフッ素を添加したSiONを用いると、軟化温度をほとんど下げることなく高 Δ 導波路を得ることができるので、クラッド層として厚膜化が容易な火炎堆積法による膜を用いることができる。すなわち、火炎堆積法は、スート状の多孔質膜を形成した後、

1 3 5 0℃前後の高温で焼結してコア膜の透明ガラス化を行うが、コアは高温にも耐え、変形を生じることがないので、光合分波回路、光結合・分離回路、光フィルタ回路等の光学特性（波長分離特性、光アイソレーション特性等）の優れた導波路部品を得ることができる。

【0 0 3 3】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0 0 3 4】図 1 は本発明のコアにフッ素を添加した導波路の一実施の形態を示す概観斜視図である。

【0 0 3 5】同図に示す導波路は、石英ガラス（或いは Si）からなる基板 2 0 上に形成されたフッ素添加 Si O₂ クラッド層 2 1 内に矩形断面形状のフッ素添加 Si O N コア 2 2 が埋め込まれた構造を有している。

【0 0 3 6】図 2 は図 1 に示した導波路に用いられるフッ素添加 Si O₂ 膜のフッ素濃度と屈折率との関係を示す図であり、横軸がフッ素濃度を示し、縦軸が屈折率を示している。

【0 0 3 7】図 2 よりフッ素は最大 4. 5 % の濃度まで添加できることが分かる。すなわち、比屈折率差 Δ がより高い高 Δ 導波路を得ることができると、OH 基、Si-H 基、N-H 基をより効果的に減少させることができる。コアの Si O N H の窒素濃度と屈折率との関係は前述した図 1 1 で表わされ、これにフッ素を添加すると、屈折率は図 1 1 に表される値よりも低下してくる。この低下の度合いは、フッ素濃度に略比例して低下することが分かった。例えば窒素を 5 アトミック % 添加した Si O N H 膜にフッ素を 2. 7 % 添加すると、フッ素添加 Si O N コアの屈折率は約 1. 4 7 5（波長 0. 6 3 μ m での値）となった。フッ素を 2. 7 % 添加した Si O₂ クラッド層（屈折率 1. 4 4 4）と、フッ素を 2. 7 % 添加した Si O N コア（N：5 アトミック % 添加）との比屈折率差 Δ が約 2. 1 % の導波路（基板には Si O₂ 基板を使用）を作製し、その後、1 0 0 0℃で窒素雰囲気により約 3 時間熱処理を施した。図 3 は図 2 に示した導波路の波長と伝搬損失との関係を示す図であり、横軸は波長を示し、縦軸は伝搬損失を示す。

【0 0 3 8】同図から分かるように OH 基、Si-H 基、N-H 基による吸収損失のない低損失導波路を実現することができた。

【0 0 3 9】図 4 は本発明のコアにフッ素を添加した導波路の他の実施の形態を示す概観斜視図である。尚、図 1 に示した導波路と同様の部材には共通の符号を用いた。

【0 0 4 0】図 1 に示した導波路との相違点は、基板 2 0 上に形成されたフッ素添加 Si O₂ 中間層 2 3 内にフッ素添加 Si O N コア 2 2 が埋め込まれ、フッ素添加 Si O₂ 中間層 2 3 上に Si O₂ クラッド層 2 4 を形成した点である。この導波路は、導波路中を伝搬するパワー分布を広げることにより有効コア断面積を大きくし、非

線形効果（光パワーの増大に伴う光パワー変化による屈折率の変化）を抑制するようにした導波路であり、特に、高密度波長多重伝送用の光フィルタ、光合分波器等の光回路を実現する上で有効である。

【0 0 4 1】図 5 は本発明のコアにフッ素を添加した導波路の他の実施の形態を示す概観斜視図である。

【0 0 4 2】図 4 に示した導波路との相違点は、基板 2 0 上に形成された Si O₂ クラッド層 2 4 内に、フッ素添加 Si O₂ 中間層 2 3 で覆ったフッ素添加 Si O N コア 2 2 が埋め込まれた点であり、屈折率分布が W 型構造を有している。このような導波路も図 4 に示した導波路と同様な効果が得られる。

【0 0 4 3】図 6 は本発明のコアにフッ素を添加した導波路の他の実施の形態を示す概観斜視図である。

【0 0 4 4】図 5 に示した導波路との相違点は、基板 2 0 上に形成されたフッ素添加 Si O₂ クラッド層 2 1 内に、フッ素添加 Si O₂ - Ge O₂ コア 2 5 が埋め込まれた点である。この Ge O₂ は屈折率を高める添加物である。尚、Si O₂ に Ge O₂ を添加しても屈折率は図 1 2 に示すようにそれ程高くすることはできない。また、フッ素を添加すると、屈折率は低くなる。そこで、フッ素添加 Si O₂ クラッド層 2 1 にはフッ素を高濃度に添加した Si O₂ を用いることにより高 Δ 化（ $\Delta \geq 2$ %）を図るようにしたものである。

【0 0 4 5】図 7 は本発明のコアにフッ素を添加した導波路の他の実施の形態を示す概観斜視図である。

【0 0 4 6】図 6 に示した導波路との相違点は、コア内への共添加物として Ge O₂ の代わりに P₂ O₅ を用いた点である。

【0 0 4 7】このフッ素添加 Si O₂ - P₂ O₅ コア 2 6 を用いた導波路の場合もフッ素添加 Si O₂ クラッド層 2 1 にはフッ素を添加した Si O₂ を用い、コア 2 6 とフッ素添加 Si O₂ クラッド層 2 1 との比屈折率差 Δ を大きくとるように構成されている。

【0 0 4 8】図 8 は本発明のコアにフッ素を添加した導波路の他の実施の形態を示す概観斜視図である。

【0 0 4 9】図 7 に示した導波路との相違点は、基板 2 0 上に Si O₂ クラッド層 2 7 を形成し、Si O₂ クラッド層 2 7 の上にフッ素添加 Si O N コア 2 2 をパターン化し、パターン化した表面全体を覆うように Si O₂ クラッド層 2 4 を形成した構造を有する点であり、製作しやすくなっている。

【0 0 5 0】図 9 は本発明の導波路を製造するのに用いられるプラズマ CVD 装置の概念図である。尚、図 1 3 に示した部材と同様の部材には共通の符号を用いた。

【0 0 5 1】この装置は、反応容器 6 と、反応容器 6 を真空排気する排気装置 5 と、反応容器 6 内の上部に水平に配置された上部電極 7 と、上部電極 7 の下側に対向配置された下部電極 8 と、両電極 7、8 間に接続された高周波電源 9 と、下部電極 8 の下側に設けられたヒータ 1

7

1 と、ヒータ 1 1 に接続された直流電源 1 2 と、上部電極 7 の下側に形成されたガス噴出口を介して反応容器 6 内に所定のガスを供給するためのガス供給管 2 8 と、ガス供給管 2 8 の周囲に設けられたヒータ 2 9 - 1, 2 9 - 2 と、ヒータ 2 9 - 1, 2 9 - 2 にそれぞれ接続された直流電源 3 0 - 1, 3 0 - 2 と、反応容器 6 内に直接ガスを供給するガス供給管 3 1 とで構成されている。

【0 0 5 2】同図に示す装置により、基板 2 0 上にフッ素添加 SiO_2 クラッド層 2 1、フッ素添加 SiO_2 中間層 2 3、フッ素添加 SiON コア 2 2 等の膜が形成される。

【0 0 5 3】反応容器 6 は排気装置 5 によって真空排気される。下部電極 8 上に載置された基板 2 0 はヒータ 1 1 の通電によって 1 0 0 °C から 5 0 0 °C の温度範囲で加熱される。上部電極 7 と下部電極 8 との間には高周波電圧が印加される。上部電極 7 内には、矢印 3 2 - 1 方向から矢印 3 2 - 2 方向に向ってガラス原料ガス、酸化性ガス及び不活性ガス等が送り込まれる。また、矢印 3 3 方向からも両電極 7, 8 間に C_2F_6 (或いは CF_4 等のフッ素系ガス) を送り込むことができる。矢印 3 2 - 1 方向から矢印 3 2 - 2 方向へ送り込まれるガスは、ヒータ 2 9 - 1, 2 9 - 2 に直流電圧を印加することによって加熱される。

【0 0 5 4】同図に示す装置で前述した膜を形成するには、まず真空排気されている反応容器 6 内に矢印 3 2 - 1 方向から Ar ガスを供給して両電極 7, 8 間にプラズマ 1 4 を発生させる。ついで、矢印 3 2 - 1 方向から例えば SiH_4 , O_2 , C_2F_6 , Ar 等のガスを流してフッ素を添加した SiO_2 膜を形成する。また、フッ素を添加した SiON コア膜を形成するには、矢印 3 2 - 1 方向から SiH_4 , O_2 , NH_3 , C_2F_6 ガスを流して行う。さらにフッ素を添加した SiO_2 - GeO_2 コア膜を形成するには、矢印 3 2 - 1 方向から SiH_4 , GeH_4 , O_2 , C_2F_6 , Ar ガスを流して行う。尚、クラッド層の膜は減圧プラズマ CVD 法を用いて形成する以外に火炎堆積法を用いてスート状の多孔質膜を形成し、その後に上記膜を電気炉 (温度 1 3 5 0 °C 前後) 中で He ガスを流しながら焼結し、透明化する方法を用いることができる。

【0 0 5 5】以上において本発明によれば、以下のような効果が得られる。

【0 0 5 6】(1) 従来のように減圧プラズマ CVD 法によってクラッド層及びコアを形成すると、クラッド層及びコア中に OH 基、 Si-H 基或いは N-H 基が混入し、これらの基による吸収損失が生じるが、本発明のように屈折率を高める添加物を少なくとも 1 種類共添加した酸化物のコア内にフッ素を共添加すると、このフッ素が基中の水素と反応して HF ガスとなり、コア外へ放出させることができる。その結果、 OH 基、 Si-H 基或いは N-H 基のほとんどないコア層を実現することがで

8

きる。これにより超低損失導波路を得ることができる。コア内へのフッ素の添加量が多いほど効果が大きい。また中間層やクラッド層にもフッ素が添加されているとさらに低損失な導波路を得ることができる。

【0 0 5 7】(2) フッ素の添加された導波路を 5 0 0 °C から 1 3 5 0 °C の温度範囲で熱処理することにより、導波路中の OH 基、 Si-H 基、 N-H 基はフッ素との反応がより促進されて HF ガスとなって導波路外へ放出されるため、低損失化が容易となる。

【0 0 5 8】(3) コアにフッ素を添加した SiON を用いると、軟化温度をほとんど下げることなく高 Δ 導波路を得ることができるので、クラッド層として厚膜化が容易な火炎堆積法による膜を用いることができる。すなわち、火炎堆積法は、スート状の多孔質膜を形成した後、1 3 5 0 °C 前後の高温で焼結して上記膜の透明ガラス化を行うが、上記コアは上記高温にも耐え、変形を生じることがないので、光合分波回路、光結合・分離回路、光フィルタ回路等の光学特性 (波長分離特性、光アイソレーション特性等) の優れた導波路部品を得ることができる。

【0 0 5 9】

【発明の効果】以上要するに本発明によれば、次のような優れた効果を発揮する。

【0 0 6 0】コアにフッ素と屈折率を高める添加物を少なくとも 1 種類共添加した酸化物とを用いることにより、波長 1. 3 μm 帯から波長 1. 6 μm 帯にわたって吸収ピークがほとんどなく、超低損失で、屈折率制御が容易で、かつ、高比屈折率差 Δ の導波路を有するコアにフッ素を添加した導波路及びその製造方法の提供を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明のコアにフッ素を添加した導波路の一実施の形態を示す概観斜視図である。

【図 2】図 1 に示した導波路に用いられるフッ素添加 SiO_2 膜のフッ素濃度と屈折率との関係を示す図である。

【図 3】図 2 に示した導波路の波長と伝搬損失との関係を示す図である。

【図 4】本発明のコアにフッ素を添加した導波路の他の実施の形態を示す概観斜視図である。

【図 5】本発明のコアにフッ素を添加した導波路の他の実施の形態を示す概観斜視図である。

【図 6】本発明のコアにフッ素を添加した導波路の他の実施の形態を示す概観斜視図である。

【図 7】本発明のコアにフッ素を添加した導波路の他の実施の形態を示す概観斜視図である。

【図 8】本発明のコアにフッ素を添加した導波路の他の実施の形態を示す概観斜視図である。

【図 9】本発明の導波路を製造するのに用いられるプラズマ CVD 装置の概念図である。

【図 1 0】本発明者らが先に提案した高 Δ 導波路の概観斜視図である。

【図 1 1】 SiO_xNyHz 膜中の窒素含有量と屈折率との関係を示す図である。

【図 1 2】添加物濃度と屈折率との関係を示す図である。

【図 1 3】従来の導波路を製造するのに用いられるプラ

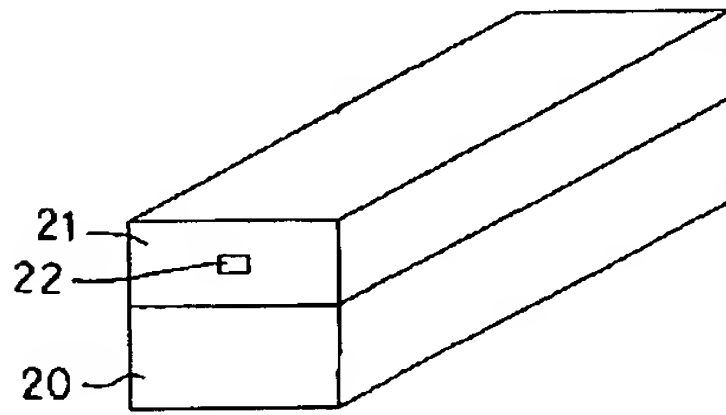
ズマCVD装置の概念図である。

【図 1 4】(a)、(b)は、図 1 0 に示した高 Δ 導波路の波長と損失との関係を示す図である。

【符号の説明】

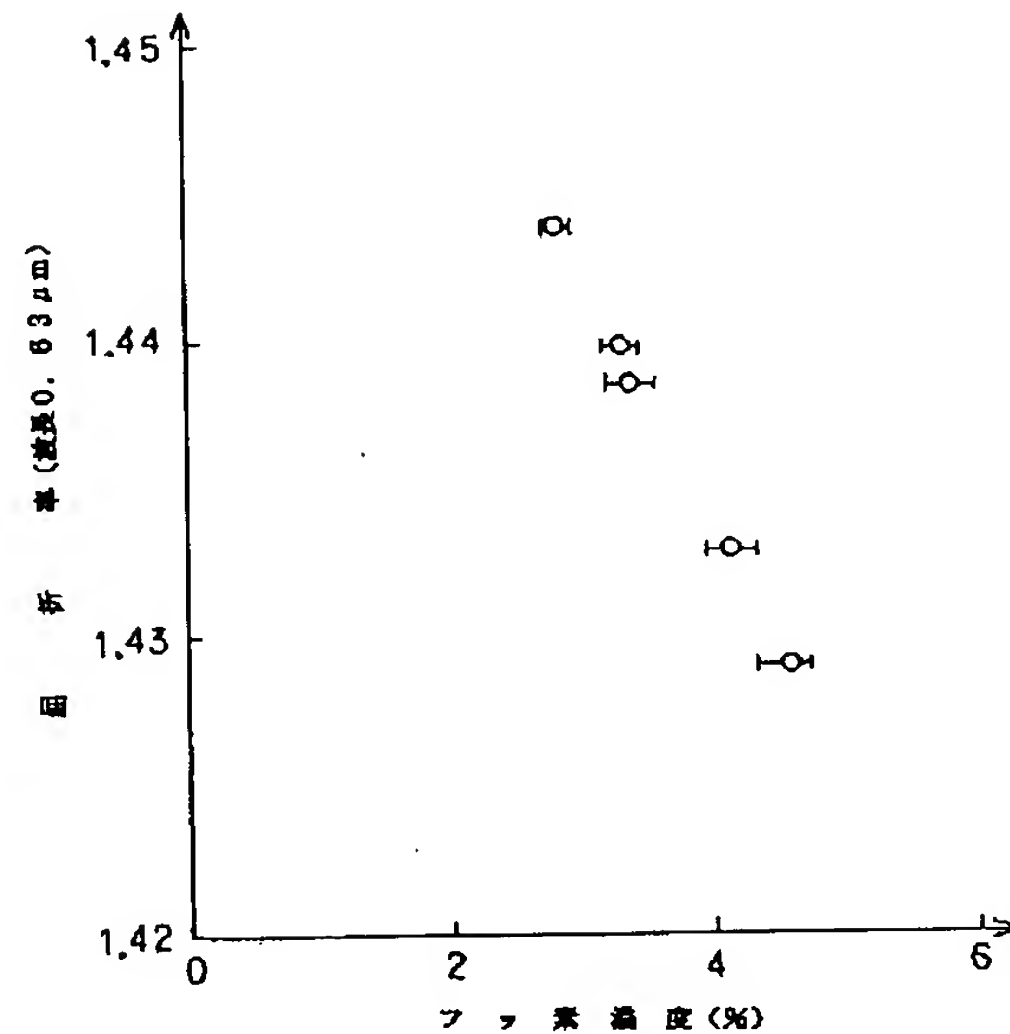
- 2 0 基板
- 2 1 クラッド層 (SiO_2 クラッド層)
- 2 2 コア (フッ素添加 SiON コア)

【図 1】

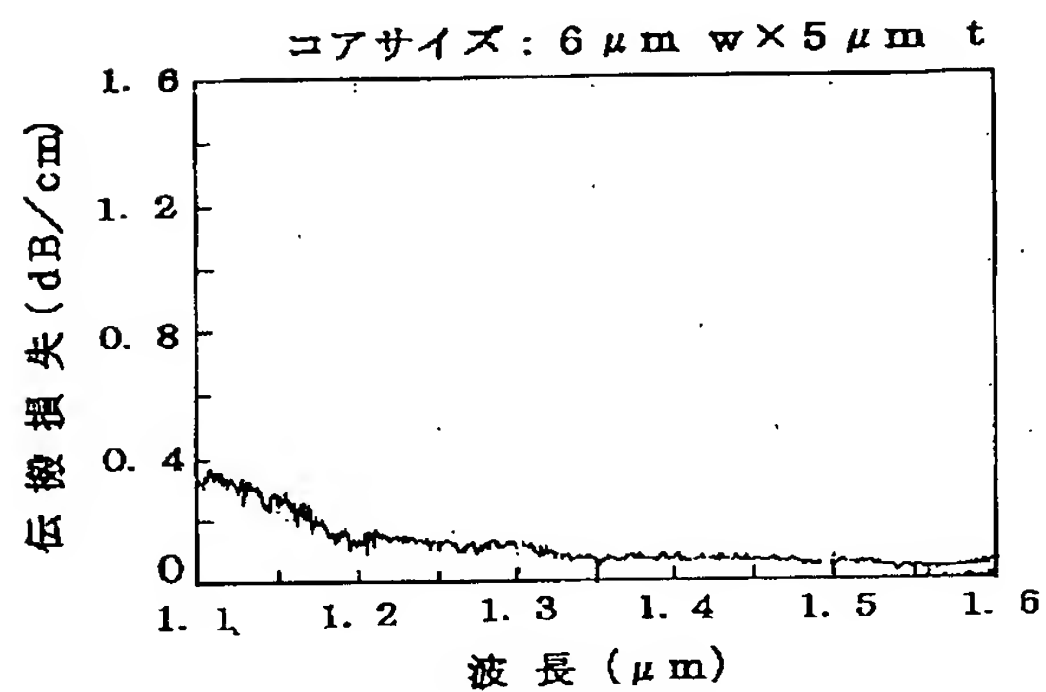


- 2 0 基板
- 2 1 クラッド層 (SiO_2 クラッド層)
- 2 2 コア (フッ素添加 SiON コア)

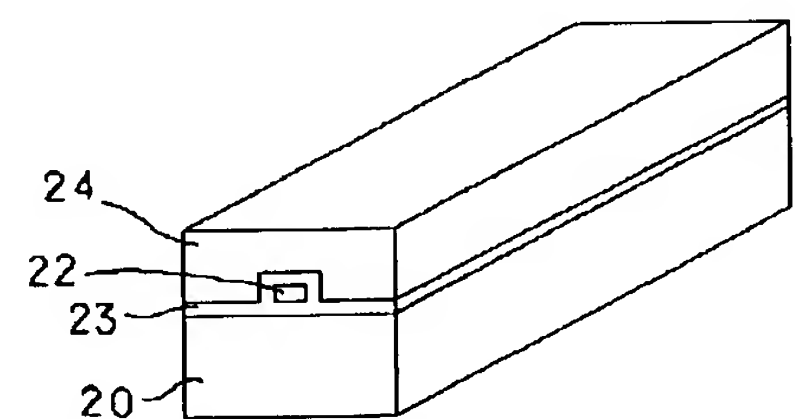
【図 2】



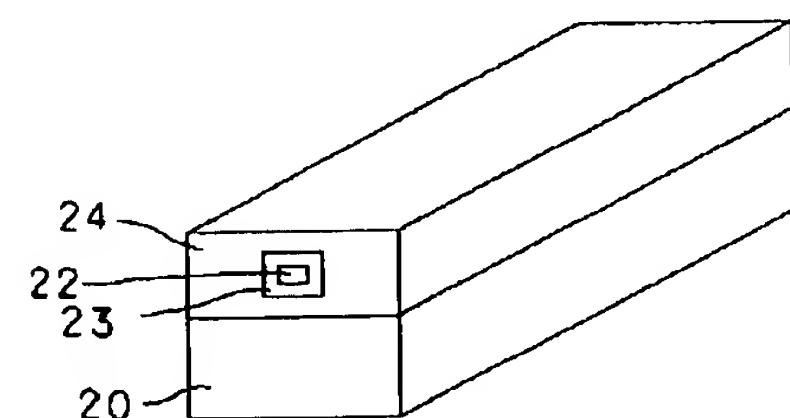
【図 3】



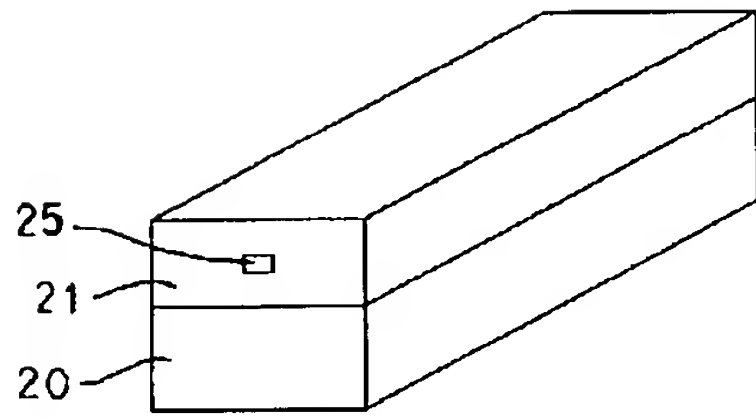
【図 4】



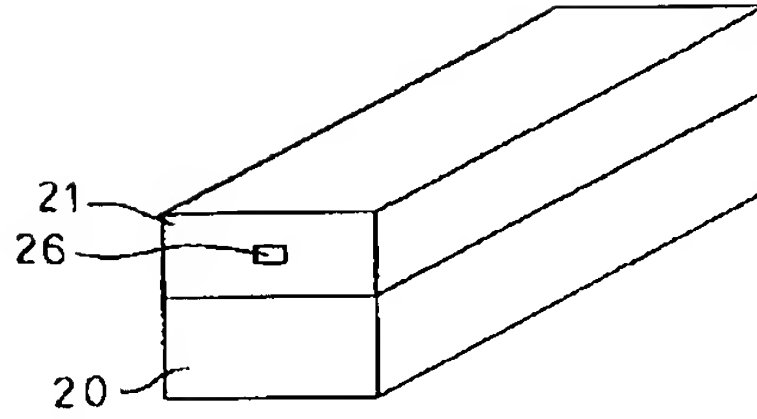
【図 5】



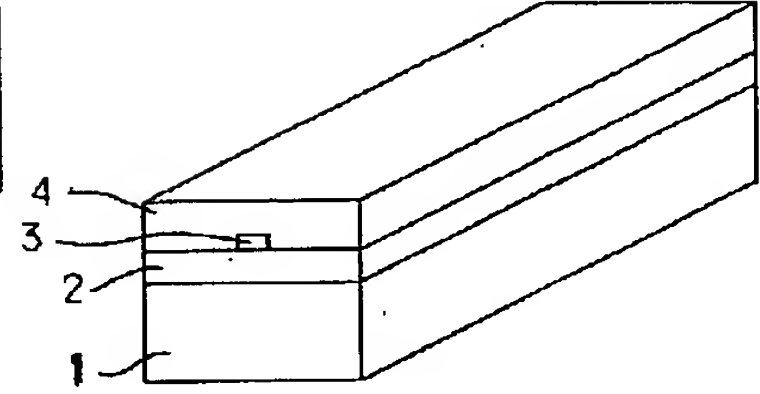
【図6】



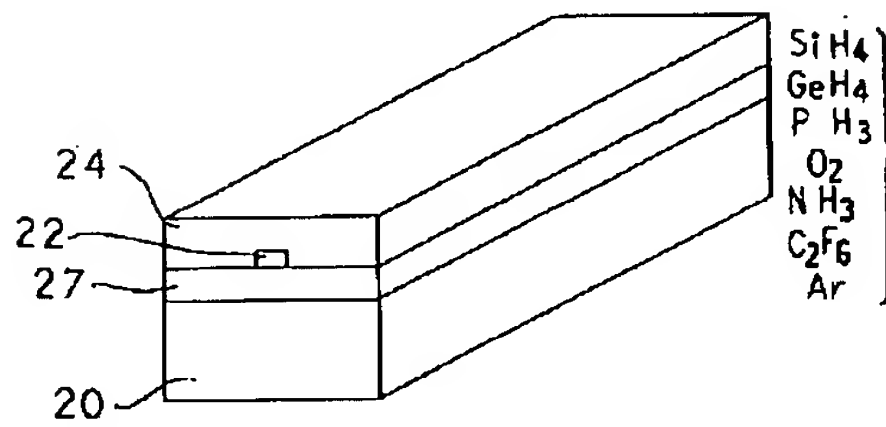
【図7】



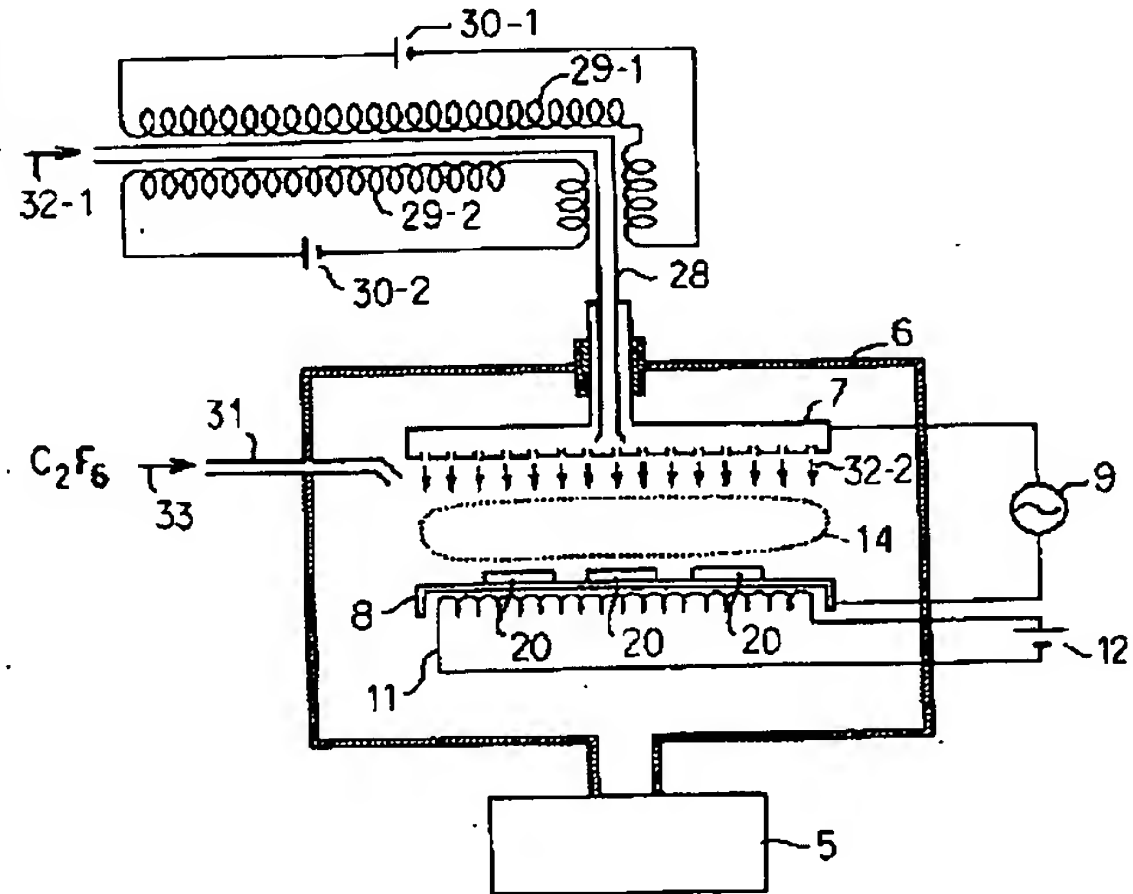
【図10】



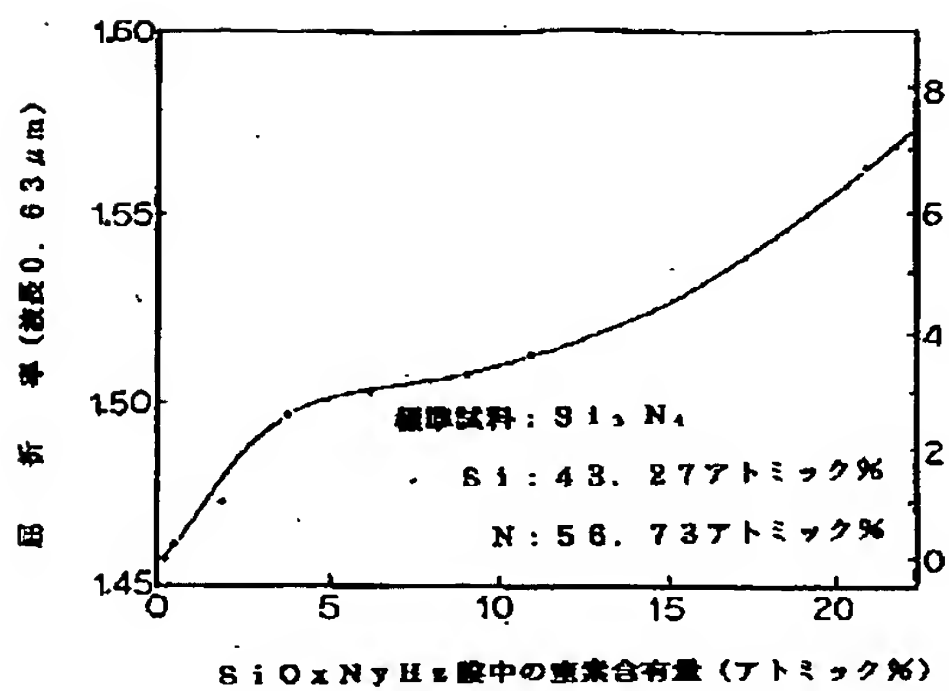
【図8】



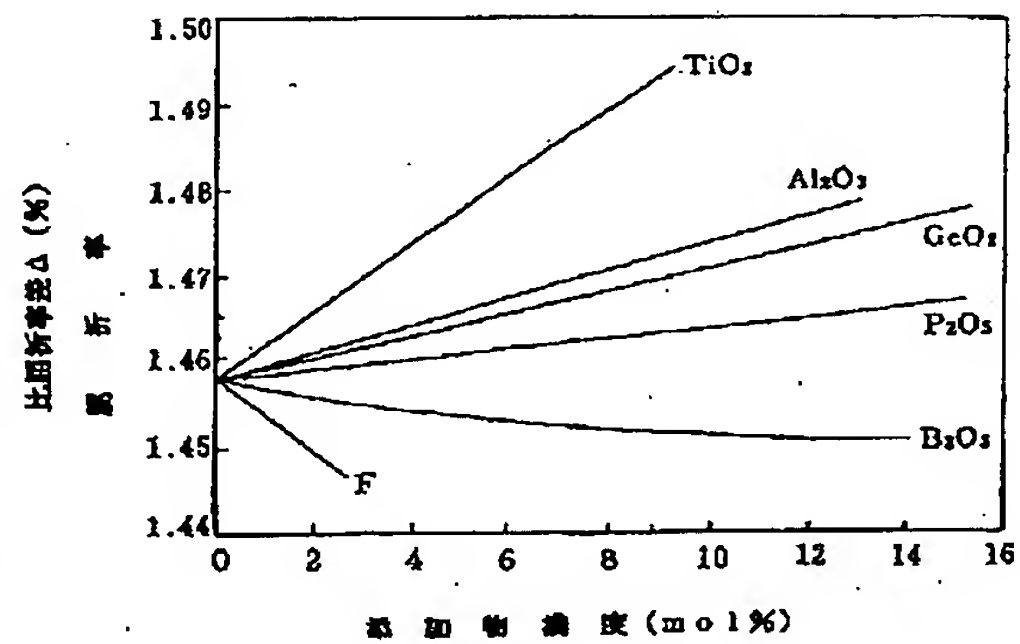
【図9】



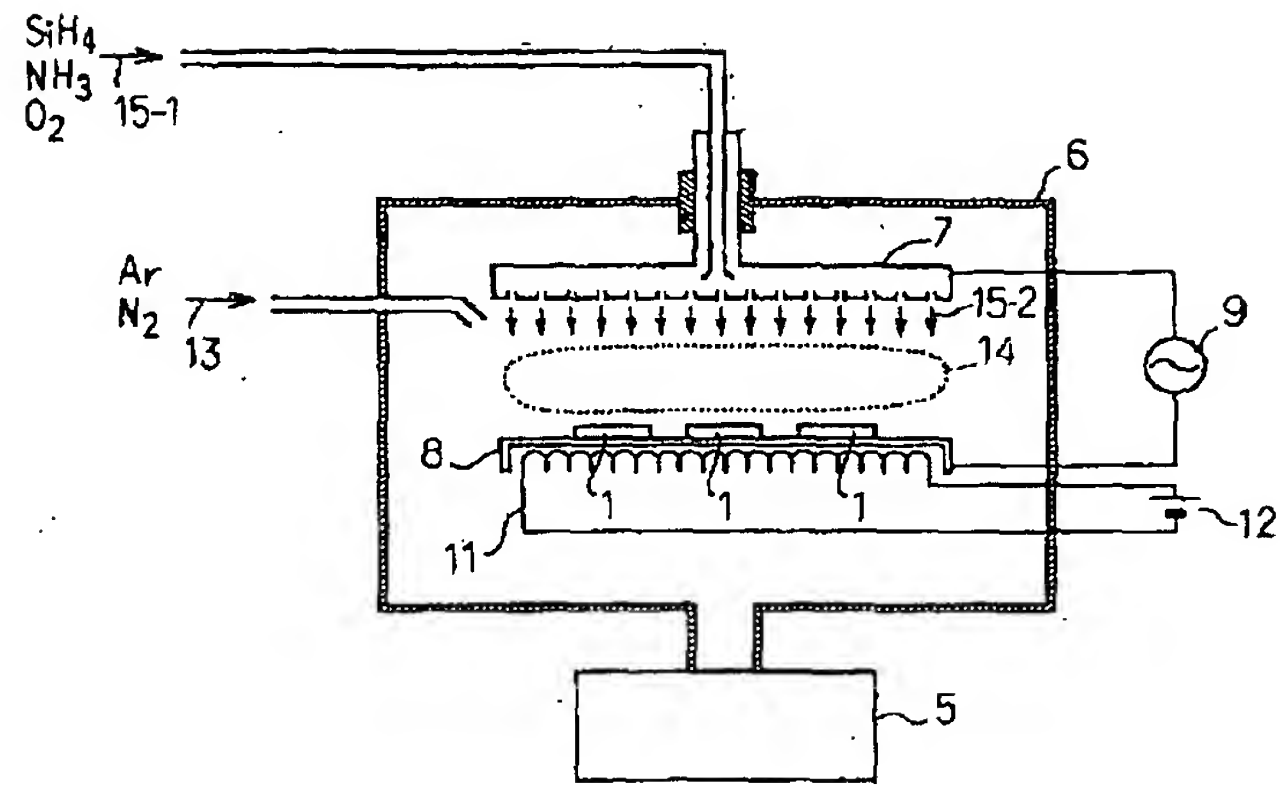
【図11】



【図12】



【図 13】



【図 14】

